

Jan ŠTĚPÁNEK¹, Pavel ŠMÍRA²

**VYUŽITÍ TERMOSANACE PŘI ZÁCHRANĚ DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ BÝVALÉHO
MLÝNA V DOLNÍM NĚMČÍ NAPADENÝCH DŘEVOKAZNÝM HMYZEM**

**UTILIZATION OF HOT AIR SANITATION IN SAVING WOODEN STRUCTURES
OF THE WOODWORM INFESTED FORMER WATER MILL IN DOLNI NEMCI**

Abstrakt

Termosanace je v České republice rozvíjející se metodou likvidace aktivně působícího dřevokazného hmyzu. Příklad termosanace dřevěných konstrukcí bývalého mlýna v obci Dolní Němčí představuje praktickou ukázkou horkovzdušné sanace interiérových prvků i konstrukcí krovu objektu vedeného jako kulturní památka České republiky.

Klíčová slova

Termosanace, likvidace, dřevokazný hmyz, památka

Abstract

Thermal sanitation - hot air sanitation - is a developing elimination method of actively working wood-destroying insects in the Czech Republic. The example of the thermal sanitation of wooden structures of the former mill in Dolní Němčí gives a practical demonstration of hot-air sanitation of interior elements and roof timber of the building registered as a cultural monument of the Czech Republic.

Keywords

Thermal sanitation, elimination, wood-destroying insect, monument

1 ÚVOD

Objekt bývalého mlýna je kulturní památkou České republiky, představující ojediněle zachovaný typ větší venkovské usedlosti. Objekt si uchoval velkou část prvků dřívějšího způsobu výstavby. Trámové stropy v interiéru nesou datování z let 1763, 1838 a 1844. Po r. 1914, kdy zcela shořel krov mlýna a některé interiéry, byl objekt stavebně upravován, přičemž byl tehdy vztyčen současný krov. V interiéru bývalé obytné části mlýna je instalována expozice lidových řemesel a bydlení našich předků v podobném typu stavení, součástí areálu je restaurace a stodola. Metoda termosanace byla pro objekt bývalého mlýna čp. 105 v obci Dolní Němčí v okr. Uherské Hradiště vybrána investorem akce na základě stavebně – technického průzkumu Ing. Michala Kloibera, Ph.D., ze dne 26. ledna 2011. Z výsledků průzkumu vyplývá, že aktivně napadenými dřevěnými konstrukcemi jsou zachovalý trámový strop z konce 18. a počátku 19. století, jeho bedněný prkenný záklop v 1. NP a 2. NP (nadzemní patro) muzejní části (bývalé obytné části) a dřevěný krov nad celým objektem. Bylo zde zjištěno aktivní napadení dřevokazným hmyzem z čeledi červotočovití.

¹ Ing. Jan Štěpánek, Thermo Sanace s.r.o., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, tel.: (+420) 604 861 591, e-mail: stepanek@thermosanace.eu.

² Ing. Pavel Šmíra, Thermo Sanace s.r.o., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, tel.: (+420) 602 714 382, e-mail: smira@thermosanace.eu.



Obr. 1: Celkové pohled na sanovaný objekt bývalého mlýna čp. 105 (exteriér a interiér)

Napadeny jsou nejen historické nosné trámy stropů, ale i prkenné podbití a dřevěné exponáty muzea. V případě krovu se místy vyskytuje i napadení tesaříkem krovovým. Aktivita dřevokazného hmyzu se projevuje častým výskytem požerkového prášku a velkým množstvím výletových otvorů.



Obr. 2: Dřevěné součásti expozice napadené aktivním červotočem (požerkový prášek)

Principem likvidace dřevokazného hmyzu horkým vzduchem, je prohřátí všech napadených dřevěných konstrukcí v plném průřezu na teplotu min. 55°C. Při této teplotě dochází k rozpadu bílkovin, z nichž je složeno tělo škůdce ve všech jeho vývojových fázích, čímž dochází k jeho uhynutí. Jedná se však o kompletní ošetření konstrukce v daný okamžik. Metoda však nezajišťuje preventivní ochranu dřevěné konstrukce do budoucna. Z tohoto důvodu je nutno provést včasný preventivní insekticidní nátěr vhodným prostředkem. Metoda termosanace byla zvolena v případě objektu bývalého mlýna čp. 105 v Dolním Němčí z několika důvodů:

- vysoká památková hodnota objektu
- nedestruktivní zásahy do cenných dřevěných konstrukcí a objektu vůbec
- účinnost metody
- finanční nenáročnost oproti jiným metodám likvidace dřevokazného hmyzu
- metoda je ekologická
- rychlost provedení
- v kombinaci s insekticidním nátěrem prevence do budoucna

2 PRAKTICKÉ PROVEDENÍ TERMOSANACE

2.1 Dokumentace a rekognoskace sanovaného objektu

Prohlídkou objektu dne 15. února 2011 byly předem zjišťovány skutečnosti potřebné pro danou technologii – možnosti přístupu techniky, navezení materiálu, elektro přípojka apod. Majitel objektu byl upozorněn na nutnost vyklizení interiéru objektu, který je využíván pro expoziční účely, od veškerých prvků, které neodolávají teplotám vyšším než 80°C.

2.2 Přípravné práce termosanace

Vlastní realizace termosanace byla zahájena dne 16. června 2011. Vzhledem k rozsahu sanovaných a ošetřovaných prostor byly veškeré přípravné práce rozděleny do 2 etap příprav a nahřívání:

- 1. a 2. NP interiérů s dubovými trámovými stropy a podbitím
- Krovy nad objektem

2.3 Montáž horkovzdušného potrubí a agregátů

V další etapě prací byla provedena montáž rozvodů horkovzdušného hliníkového potrubí pro první fázi nahřívání a následovně pro druhou fázi. Těmto etapám bylo podřízeno i postupné izolování a příprava interiérů, stejně jako rozmístění horkovzdušných agregátů (2 x Nolting 4500 m³ horkého vzduchu za hodinu pro 1.NP a Nolting 7500 m³/h pro 2.NP)

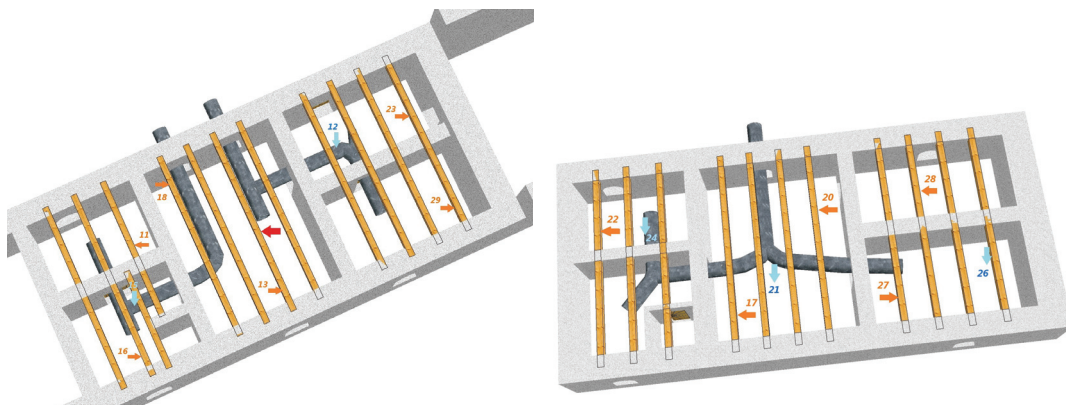


Obr. 3: Horkovzdušné potrubí rozmístěné v interiéru 1.NP a vně objektu

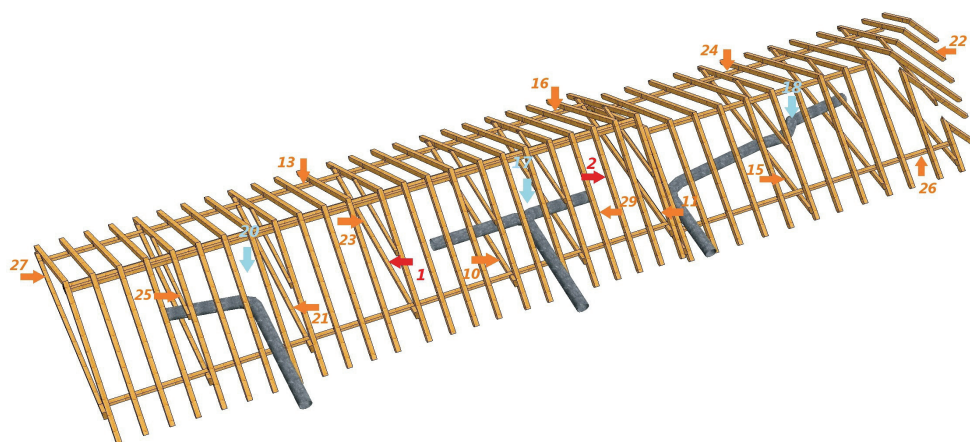
2.4 Termočlánky a tenzometry

Nejdůležitější součástí příprav termosanace je rozmístění a instalace přesných elektronických teplotních čidel (tzv. termočidel) pro aktuální a online sledování změn teploty v sanovaném prostoru a materiálu. Rozmístěno bylo pro 1. etapu nahřívání celkem 6 ks termočidel do masivu dřevěných trámů v 1.NP a 5 ks ve 2.NP a 5 ks pro měření teploty vzduchu v 1. NP a ve 2.NP. Součástí příprav byla i instalace elektronického tenzometru pro měření rozevírání stávajících trhlin (viz. Obr. 4). Pro 2. etapu nahřívání bylo rozmístěno celkem 13 termočidel do masivu dřevěných trámů a 3 pro měření teploty vzduchu v prostoru podkrovní. Součástí příprav byla i instalace elektronických tenzometrů pro měření rozevírání stávajících trhlin (viz. Obr. 5).

Pro zamezení ovlivnění výsledků teplot termočidel ve dřevě okolním horkým vzduchem, byly jejich obvody pečlivě zaizolovány. Termočidla byla napojena soustavou kabelů k PC, umístěnému mimo sanovaný prostor, odkud byl proces sledován. Využití přesných elektronických měřidel dává investorovi jistotu korektních výsledků termosanace.



Obr. 4: 3D znázornění situace v 1.NP (vlevo) a ve 2.NP (vpravo) – oranžově jsou vyznačena termočidla umístěná v masivu dřevěných konstrukcí, modře měřící teplotu vzduchu a červeně umístění tenzometru



Obr. 5: 3D znázornění situace krovu celého objektu (pohled od východu) – oranžově jsou vyznačena termočidla umístěná v masivu dřevěných konstrukcí, modře měřící teplotu vzduchu a červeně umístění tenzometrů.



Obr. 6: Termočidlo zabudované do napadených dřevěných konstrukcí. V ústí měřidel do dřeva je nainstalována tepelná izolace pro zamezení ovlivnění výsledků měření horkým vzduchem vnějšího prostředí. Tenzometr (vlevo) byl instalován do staršího stropního trámu se stávající starší trhlinou.

2.5 Výsledky termosanace obou etap

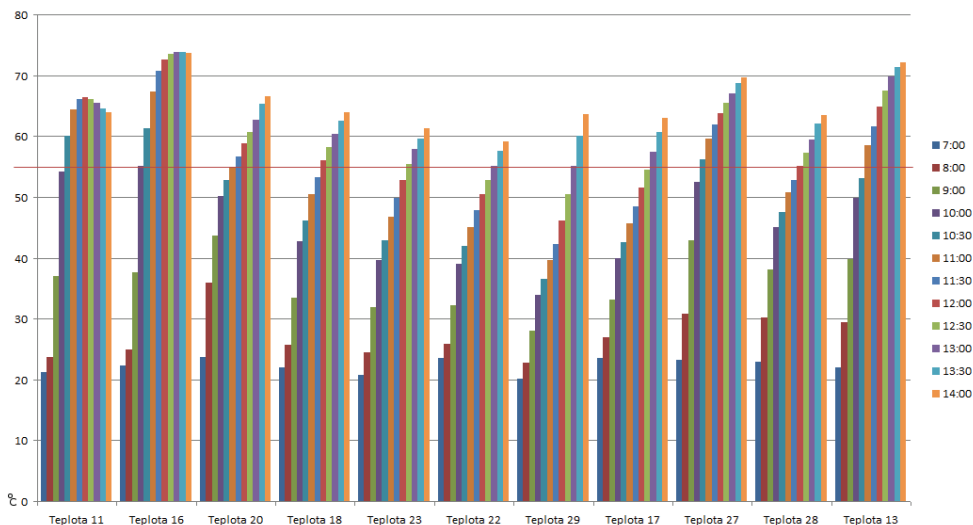
Níže uvedené tabulky a grafy dokládají průběh nahřívání sanovaného prostoru s trávovými a stropy a dosažení požadovaných teplot ve všech místech termosanace pro obě etapy nahřívání.

A) 1. etapa termosanace: 1.NP a 2.NP

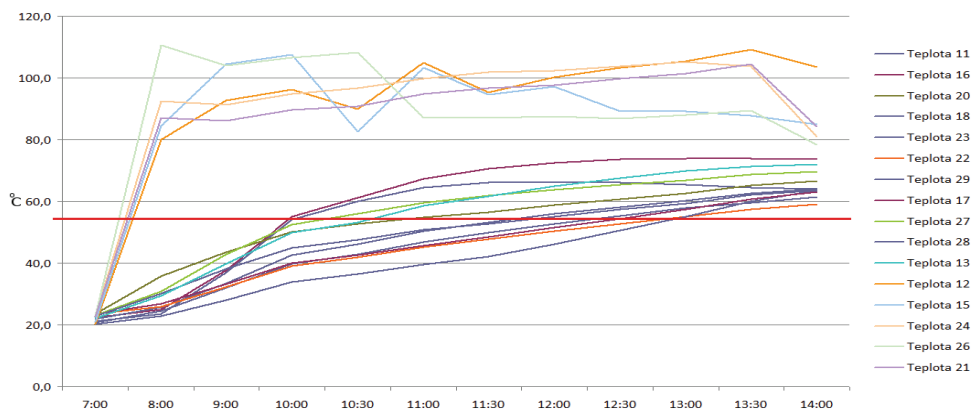
Tab. 1: Tabulka hodnot teplot naměřených pomocí termočidel

°C	7:00	8:00	9:00	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:15	14:30	15:00	MIN	MAX
Teplota 20	23,6	35,9	43,6	50,2	52,7	54,8	56,6	58,8	60,7	62,7	65,3	66,5	65,9	65,1	63,6	23,5	66,7
Teplota 22	23,6	25,8	32,2	39,0	41,9	45,1	47,9	50,4	52,7	55,0	57,5	59,2	59,9	60,5	61,0	23,5	61,1
Teplota 17	23,6	26,9	33,1	39,9	42,6	45,7	48,5	51,5	54,5	57,4	60,7	63,0	63,7	64,5	65,2	23,5	65,3
Teplota 27	23,2	30,7	42,9	52,5	56,1	59,5	61,9	63,8	65,4	66,9	68,7	69,6	69,7	69,4	68,5	23,1	69,7
Teplota 28	22,9	30,2	38,1	45,0	47,6	50,7	52,8	55,1	57,3	59,4	62,1	63,5	63,2	62,6	61,1	22,8	63,6
Teplota 11	21,2	23,6	37,0	54,1	60,0	64,4	66,1	66,4	66,1	65,4	64,6	63,9	63,3	62,7	61,5	21,1	66,5
Teplota 16	22,3	24,9	37,6	55,1	61,3	67,2	70,6	72,6	73,5	73,8	73,8	73,7	73,3	73,0	72,1	22,2	73,9
Teplota 18	21,9	25,7	33,4	42,6	46,1	50,4	53,3	56,0	58,2	60,3	62,5	63,9	64,3	64,7	65,0	21,9	65,1
Teplota 23	20,7	24,4	31,9	39,7	42,9	46,7	49,8	52,8	55,3	57,9	59,6	61,4	61,8	61,9	61,4	20,7	62,0
Teplota 29	20,1	22,8	28,0	33,9	36,6	39,6	42,2	46,1	50,5	55,1	60,1	63,6	64,6	65,3	65,8	20,1	65,9
Teplota 13	22,0	29,4	39,7	49,9	53,1	58,5	61,6	64,9	67,5	69,8	71,3	72,0	72,1	72,0	71,6	22,0	72,3
Teplota 12	20,1	80,1	92,8	96,1	90,0	104,9	95,3	100,3	103,2	105,4	109,2	103,6	57,1	50,3	39,0	20,0	110,8
Teplota 15	20,9	84,5	104,4	107,6	82,7	103,3	94,7	97,1	89,3	89,1	87,8	84,9	62,2	55,1	49,9	20,8	110,2
Teplota 24	22,7	92,5	91,2	94,8	96,7	99,7	101,9	102,3	103,8	105,2	103,8	81,0	73,0	68,7	62,0	22,7	105,4
Teplota 26	22,8	110,6	104,0	106,5	108,3	87,1	87,1	87,5	86,9	87,9	89,4	78,5	70,4	66,2	58,7	22,7	119,9
Teplota 21	22,6	87,0	86,0	89,6	90,7	94,8	96,7	97,7	99,8	101,4	104,4	84,2	73,2	68,5	58,3	22,5	104,9

Tabulka č. 1 představuje hodnoty teplot naměřených pomocí online měřících elektronických termočidel. Teplota 11 – 29 představují jednotlivá termočidla. Modře jsou vyznačeny hodnoty teplot získané pomocí termočidel měřících teplotu uvnitř sanovaných dřevěných konstrukcí ve 2.NP, bíle hodnoty teplot měřených uvnitř dřevěných konstrukcí v 1.NP a žlutě hodnoty teplot vzduchu v sanovaném prostoru (světle žlutá 1.NP, tmavší žlutá 2.NP) - (viz. schéma č. 1). Šedé hodnoty představují vývoj teploty na jednotlivých termočidlech po celkovém ukončení 1. etapy termosanace. Červeně zvýrazněné hodnoty dokazují, že na všech měřených místech dřevěných konstrukcí bylo dosaženo teploty 55°C a vyšší po dobu minimálně 1 hodiny a je tedy možno termosanaci označit za úspěšně provedenou.



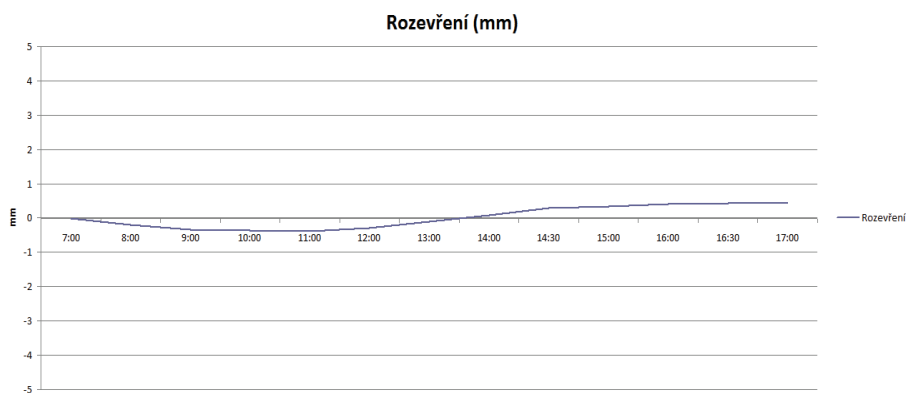
Graf 1: Graf vývoje a dosažení teplot nad 55°C na všech termočidlech uvnitř dřevěných prvků.



Graf 2: Graf vývoje teplot měřených elektronickými termočidly

Tab. 2: Tabulka hodnot rozevření (sevření) stávající trhliny v historickém stropním dubovém trámu

mm	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	14:30	15:00	16:00	16:30	17:00	18:00
Rozevření	0	-0,21	-0,35	-0,36	-0,39	-0,29	-0,09	0,09	0,28	0,34	0,42	0,44	0,45	0,47



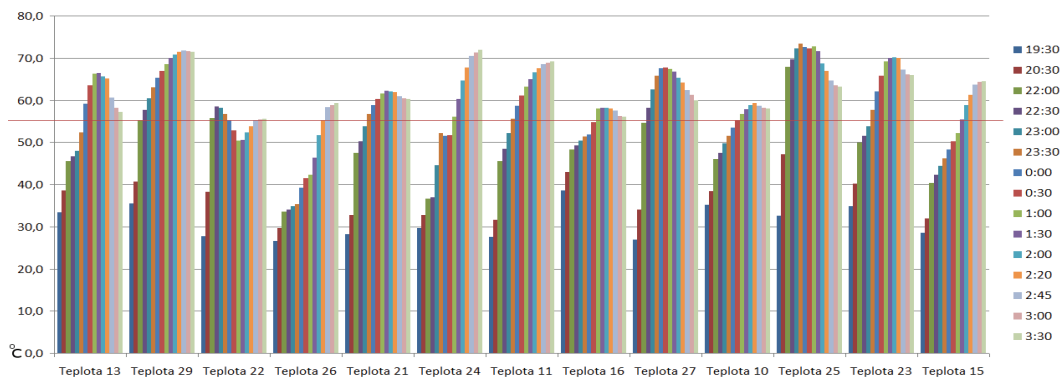
Graf 3: Graf znázorňující průběh sevření a rozevření stávající trhliny v dubovém trámu

B) 2. etapa termosanace: krovy

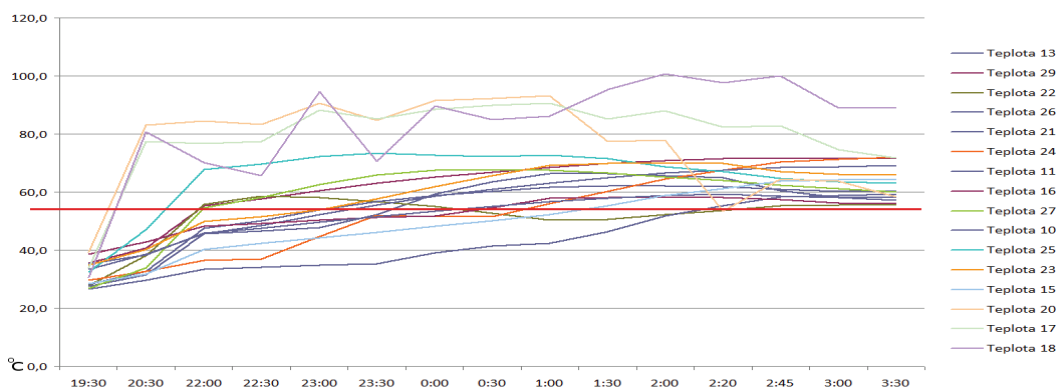
Tab. 3: Tabulka hodnot teplot naměřených pomocí termočidel

°C	19:30	20:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:20	2:45	3:00	3:30	MIN	MAX
Teplota 13	33,4	38,5	45,6	46,6	47,9	52,2	59,2	63,6	66,3	66,4	65,6	65,0	60,5	58,1	57,1	33,4	66,7
Teplota 29	35,5	40,6	55,3	57,6	60,4	63,1	65,2	66,8	68,5	70,0	70,8	71,5	71,7	71,5	71,4	35,5	71,7
Teplota 22	27,7	38,2	55,7	58,5	58,2	56,7	55,0	52,8	50,4	50,6	52,2	53,7	55,3	55,4	55,6	27,6	58,6
Teplota 26	26,6	29,6	33,5	34,0	34,8	35,3	39,1	41,5	42,3	46,3	51,7	55,2	58,4	58,8	59,3	26,4	59,3
Teplota 21	28,2	32,7	47,5	50,2	53,8	56,8	58,8	60,2	61,5	62,2	62,1	61,8	61,0	60,3	60,2	28,1	62,3
Teplota 24	29,6	32,8	36,6	37,0	44,6	52,1	51,4	51,6	56,0	60,2	64,6	67,6	70,4	71,2	72,0	29,5	72,0
Teplota 11	27,5	31,6	45,6	48,5	52,2	55,6	58,6	61,0	63,2	65,0	66,5	67,6	68,5	68,8	69,1	27,4	69,1
Teplota 16	38,6	42,9	48,2	49,2	50,4	51,3	51,9	54,7	58,0	58,1	58,1	58,0	57,4	56,3	56,1	38,5	58,3
Teplota 27	26,9	34,0	54,6	58,1	62,6	65,8	67,5	67,7	67,4	66,7	65,2	64,1	62,3	61,2	60,0	26,9	67,8
Teplota 10	35,2	38,4	45,9	47,5	49,6	51,5	53,4	55,0	56,7	57,9	58,8	59,3	58,6	58,2	58,1	35,2	59,4
Teplota 25	32,5	47,1	67,8	69,7	72,3	73,3	72,6	72,2	72,7	71,5	68,7	67,0	64,6	63,5	63,1	32,5	73,3
Teplota 23	34,8	40,2	49,9	51,5	53,8	57,7	62,0	65,7	69,1	69,9	70,1	69,9	67,2	66,1	65,9	34,8	70,2
Teplota 15	28,5	31,8	40,3	42,3	44,3	46,1	48,3	50,1	52,2	55,4	58,8	61,2	63,7	64,3	64,4	28,4	64,4
Teplota 20	39,3	83,2	84,6	83,4	90,7	84,6	91,5	92,2	93,3	77,3	77,9	53,3	64,5	63,7	58,4	31,2	93,9
Teplota 17	33,9	77,4	76,8	77,5	88,3	85,2	88,5	89,9	90,7	85,3	88,0	82,4	82,9	74,6	71,7	31,9	91,0
Teplota 18	30,6	80,6	70,2	65,8	94,6	70,6	89,7	84,9	86,1	95,3	100,6	97,6	100,0	89,0	88,9	29,8	102,7

Tabulka č. 3 představuje hodnoty teplot naměřených pomocí online měřících elektronických termočidel. Teplota 11 – 29 představují jednotlivá termočidla. Bíle jsou vyznačeny hodnoty teplot získané pomocí termočidel měřících teplotu uvnitř sanovaných dřevěných konstrukcí krovu, žlutě hodnoty teplot vzduchu v sanovaném prostoru - (viz. Schéma č. 2). Červeně zvýrazněné hodnoty dokazují, že na všech měřených místech dřevěných konstrukcí bylo dosaženo teploty 55°C a vyšší po dobu minimálně 1 hodiny a je tedy možno termosanaci označit za úspěšně provedenou.



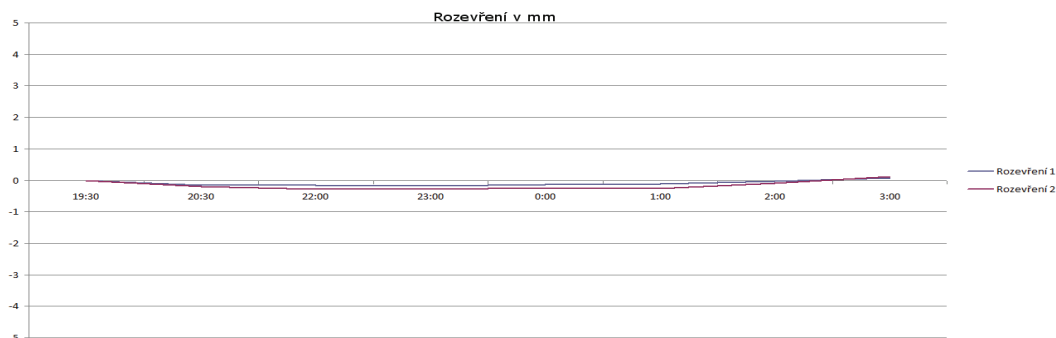
Graf 4: Graf vývoje a dosažení teplot nad 55°C na všech termočidlech uvnitř dřevěných prvků.



Graf 5: Graf vývoje teplot měřených elektronickými termočidly

Tab. 4: Tabulka hodnot rozevření (sevření) stávajících trhlin ve vazné trámu (č.1) a v krokvi (č. 2) v závislosti na čase

mm	19:30	20:30	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00
Rozevření 1	0	-0,16	-0,16	-0,17	-0,14	-0,11	-0,04	0,07
Rozevření 2	0	-0,2	-0,28	-0,27	-0,24	-0,26	-0,09	0,12

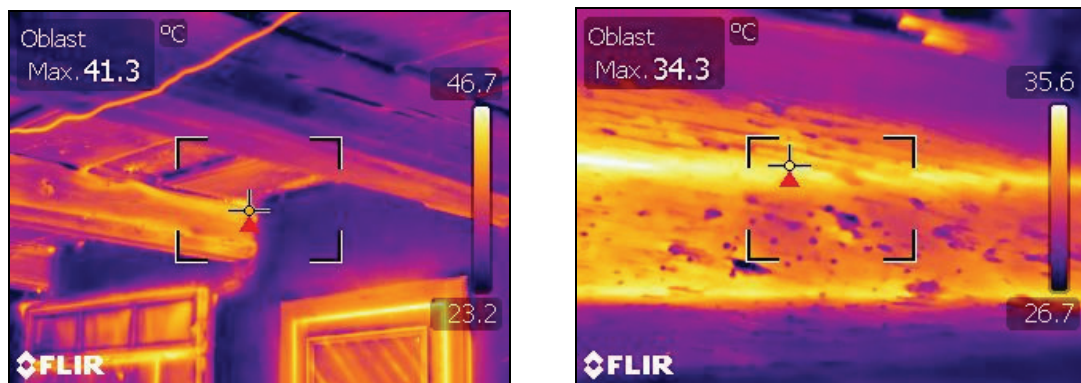


Graf 6: Graf průběhu sevření a rozevření stávajících prasklin ve vazné trámu (č.1) a v krokvi (č. 2)

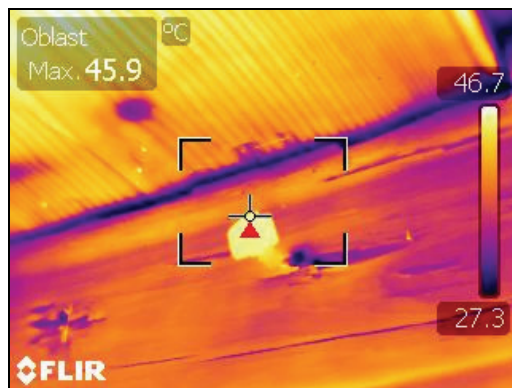
Z výše uvedené tabulky č. 2 a 4 a grafu č. 3 a 6 vyplývá, že v důsledku zahřívání sanovaných prostor docházelo zprvu k mírnému sevření stávající trhliny v historickém dubovém trámu i prvků krovu, následovalo ustálení a po přeměrování přímého proudu horkého vzduchu se rozevření praskliny vrátilo takřka na svou nulovou výchozí pozici. Po skončení sanace a vypnutí agregátů došlo setrvačností k mírnému konečnému rozevření trhliny o max. 0,47 mm v důsledku přijímání vodních par obsažených ve vzduchu, což nepředstavuje pro historickou konstrukci výraznou závadu, ne větší než je běžný pružný pohyb těchto prvků. Sledování procesu chování dřeva při realizaci termosanace slouží jako doklad její nezávadnosti pro vzhled daných sanovaných prvků.

2.6 Termokamera

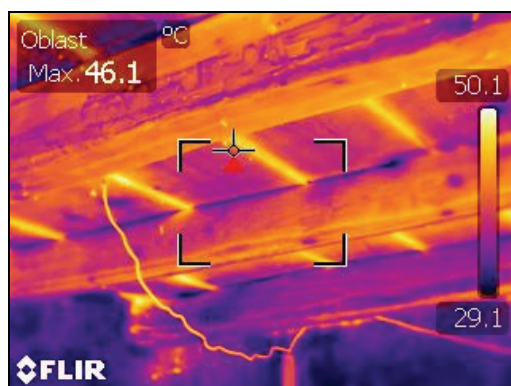
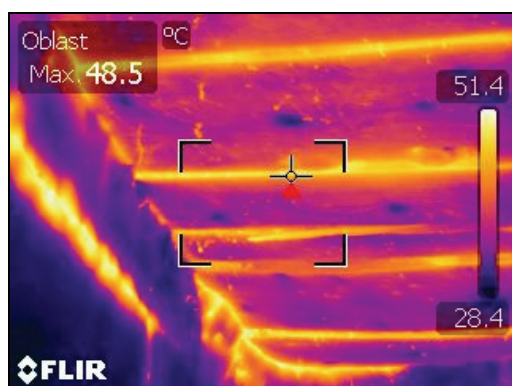
Jako doplňková metoda evidence a sledování teplot byla využita termokamera typ FLIR 425B. S pomocí této technologie byla kontrolována a sledována teplota z vnějších míst sanovaného prostoru s důrazem na sledování teplotních změn konstrukcí navazujících na sanované.



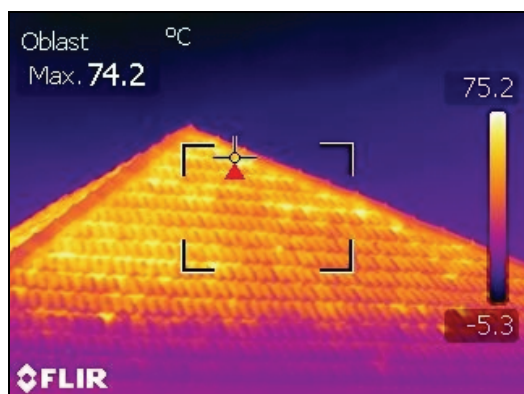
Obr. 7: Využití termokamery při sledování teplotních změn při procesu termosanace – celkový pohled na stropní trámy (vlevo) a detail výletových otvorů na jednom z nich



Obr. 8: Využití termokamery při sledování teplotních změn při procesu termosanace – pohled na deskový záklop



Obr. 9: Využití termokamery při sledování teplotních změn při procesu termosanace – strop na rozhraní sanovaného krovu a stodoly



Obr. 10: Využití termokamery při sledování teplotních změn při procesu termosanace – celkový pohled na krov zvenčí a zevnitř

2.7 Demontáž zařízení a provedení preventivního nátěru

Po skončení vlastní termosanace obou etap bylo nutno přistoupit k demontáži horkovzdušného potrubí, mechanizace a elektronických měřidel.

Jako prevence před případným novým napadením ošetřeného dřeva bylo nutné provést ochranný insekticidní nátěr všech sanovaných dřevěných trámů a podhledů interiéru a konstrukci krovu přípravkem Bochemit Optimal - bezbarvý. Tento širokospektrální koncentrovaný fungicidní a insekticidní vodou ředitelný přípravek je určený pro preventivní ochranu, se zvýšenou odolností proti vymývání ze dřeva.

3 ZÁVĚR

Na základě dosažených hodnot teplot v měřených místech sanovaných konstrukcí uvedených v tabulkách je možno konstatovat úspěšné splnění zadaného úkolu - to znamená, že na všech měřených místech byla dosažena teplota 55°C dostatečně dlouho. Proto můžeme veškerý aktivní dřevokazný hmyz prohlásit za uhynulý.

Provedený preventivní nátěr zajistí ochranu před opětovným napadením ošetřených dřevěných konstrukcí.

Povinností každého majitele památky by však mělo být především předcházení havarijních stavů dřevěných konstrukcí a provádět raději málo nákladné občasné prohlídky konstrukcí než později konstatovat havarijní stav a řešit jej drastickými a nenávratnými metodami s vysokými finančními náklady.

LITERATURA

- [1] Směrnice 1-1,87 WTA vypracoval Dr. G. Grosser Mnichov, A. Weisbrodt Borgholzhausen
- [2] DIN 68 800 část 4 – Ochrana dřeva, listopad 1992
- [3] Leták WTA 1-1 z 06 2008/D Horkovzdušná metoda likvidace živočišných škůdců dřeva v konstrukcích
- [4] [ČSN EN 370] Ochranné prostředky na dřevo. Stanovení ničivého účinku ochranného prostředku zabraňujícímu výletu *Anobium punctatum* (De Geer)
- [5] ŠMÍRA, P. – ŠTĚPÁNEK, J.: Horkovzdušná sanace krovu Horního kostela ve Velké Lhotě u Dačic. In: *Sanace a rekonstrukce staveb 2010*, sborník odborných příspěvků k 32. Konferenci (12. konferenci WTA CZ). Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2010, s. 61 – 67
- [6] ŠMÍRA, P. – ŠTĚPÁNEK, J.: Horkovzdušná sanace krovu Horního kostela ve Velké Lhotě u Dačic. In: *Materiály pro stavbu – 3/2011*
- [7] ŠMÍRA, P. – ŠTĚPÁNEK, J.: Termosanace – horkovzdušná sanace dřevokazným hmyzem napadených dřevěných konstrukcí a její praktické využití na příkladě Horního kostela ve Velké Lhotě u Dačic. In: *Sborník k semináři Historické krovky a nové možnosti jejich zachování*. Olomouc: Muzeum umění Olomouc, 2011, s. 2 – 21, ISBN: 978 – 80 – 87427 – 10 – 1
- [8] ŠMÍRA, P. – ŠTĚPÁNEK, J.: Termosanace – likvidace dřevokazného hmyzu horkým vzduchem. In: *Zborník príspevkov k IV. konferenci s medzinárodnou účasťou DREVOSTAVBY*, Žilinská univerzita v Žilíně. Terchová: hotel Boboty, 2011, ISBN: 978 – 80 – 970171 – 9 – 4

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ivan Makovíny, CSc., Banská Štiavnica.

Doc. Ing. Jana Pařílková, CSc., Ústav vodních staveb, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.